

個別要素法 (DEM) を用いた群集行動シミュレーション

防府市役所 正員 ○中嶋庸一
 山口大学 正員 清野純史
 山口大学 正員 三浦房紀
 山口大学 正員 瀧本浩一

1. はじめに

災害時において、パニック状態に陥った群集をいかに安全に出口まで誘導するかという問題は非常に重要である。本研究では、個別要素法 (DEM) を用いて、群集行動のシミュレーション手法を開発することにより、避難人間の動きや個々に働く力、および構造物の形状の関係を時間的、空間的に評価することを目的としている。

2. DEMによる人間のモデル化

DEMにおける要素を人間に置き換え、要素間の力の伝達は接触点のバネとダッシュポットで行われるものとして、各要素についてそれぞれ独立の運動方程式を作り、これをステップごとに解く。

人間は相互が物理的に接触する前に、心理的にこれ以上近付きたくないという距離を持ち、これを個体間距離という。本研究では、この距離を実験によって求め、人間の行動に近い状態を表現するために仮想バネを用いることを提案した (図1 参照)。また、仮想バネが離れた状態では、要素相互の力は働かないものとする。

個体の推進力に関しては、周囲から力を受けない場合において各個体がそれぞれ一定であるとし、その方向にあらかじめ想定した関数を与える。ここでは2次関数を用いる。

3. 解析結果

解析例として部屋から通路、および階段への避難を想定したモデルを用い、縦6m横4mの部屋に個体70人をランダムに配置し、一斉に避難させる。この場合、避難経路の選択などの個体の主観的な判断による行動はないものとする。

表1 に実験から得た個体のパラメータを示す。

仮想バネを用いない場合と用いた場合を比較した結果を示したのが図2である。仮想バネを用いないときは、群集が一丸となって移動しており、人間の動きに適していない。これに対して、仮想バネを用いた場合には適度な距離を持って移動していることがわかる。

部屋から通路への避難モデルにおいて、出口を角にした場合と丸にした場合の結果を図3に示す。出口を角にした場合では出口

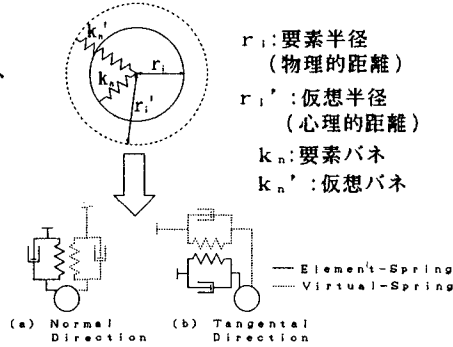


図1 DEMによる人間のモデル

表1 個体のパラメータ

要素半径 r_i (m)		0.15~ 0.18
単位高さあたりの質量 m (kgf)		3.8
歩行速度 v (m/s)		1.3
加速度 α (m/s ²)		0.86
前方向推進力 a (kgf)		3.3
個体間距離 d (m)		0.98
要素バネ	バネ定数(胸厚方向) k_{n1} (kgf/m)	900.0
	バネ定数(肩幅方向) k_{n2} (kgf/m)	780.0
	バネ定数(法線方向) k_n (kgf/m)	840.0
	仮想バネ定数(法線方向) k_n (kgf/m)	5.14

付近で群集が固まっているのに対して、出口を丸にした場合ではそれが減少している。また、避難所要時間を比較すると出口を丸にした場合の方が、平均と最大において時間が短くなっている。このことから、形状の変化による避難所要時間の比較により、平面計画に対する定量的な評価が可能であることがわかる。

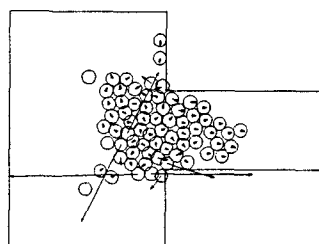
4. 結論

(1) DEMにおける避難行動の解析によれば、各個体、および全体的な群集の動きが時間ごとに把握でき、部分的なものから巨視的なものまで解析可能である。

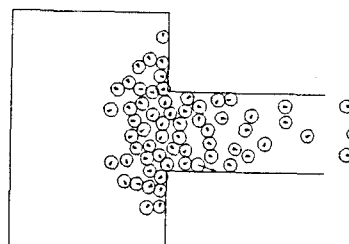
(2) DEM解析において、要素に仮想バネを取り入れることによって、人間どうしの距離や行動の特性をうまく表現できる。

(3) 構造物の形状の変化による避難所要時間の比較や、個体に作用する力の時系列的変化の把握が可能であることがわかった。

今後の課題としては、実験、実例を通し、個体自身の推進力を客観的に妥当なものとして取り入れる必要がある。



仮想バネがない場合



仮想バネがある場合

図2 仮想バネの導入

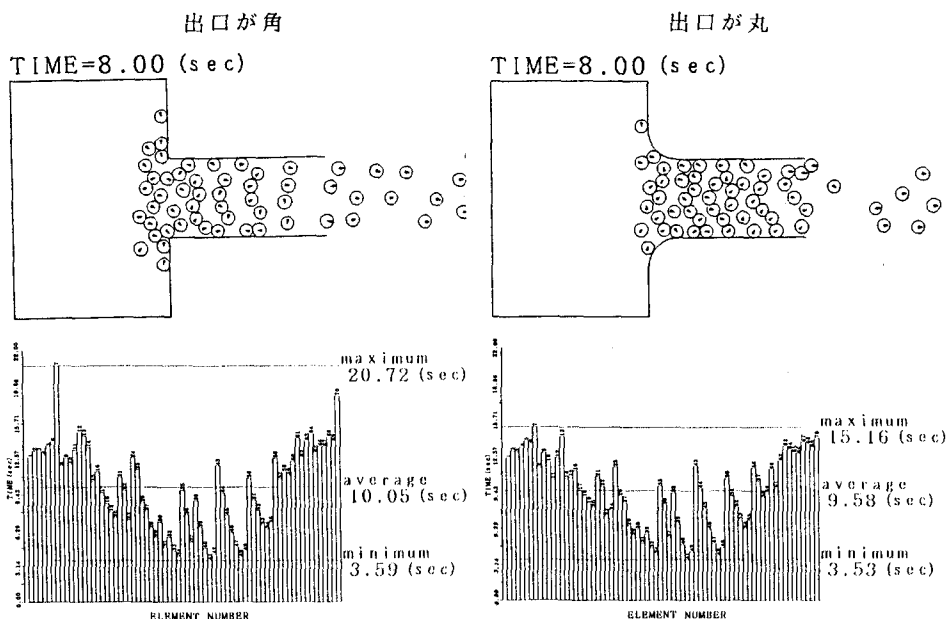


図3 部屋から通路への避難モデルと避難所要時間